

**Metsandusteaduskonna
magistrantide ja doktorantide
teaduslikud tööd**

TARTU 2003

Joonproovide kasutamise võimalustest virnatäiuse koefitsiendi määramisel

Jüri Jänes, Mait Lang

Jänes, J., Lang, M. 2003. The possibilities of using line samples for determining wood stack solid volume coefficients. – Transactions of the Faculty of Forestry, Estonian Agricultural University, 36, 98–106.

Abstract. The line sample method was tested for determining roundwood stack solid volume coefficients from digital camera images. The number of line samples needed for different eventualities and accuracy levels was determined. Digital images can be valuable documents for timber measurement and classification. Digital imaging appears to be a suitable tool for line sample analysis aimed at roundwood stack solid volume coefficient determination.

Key words: solid volume coefficient, line sampling, CCD camera images.

Authors' address: Faculty of Forestry, Estonian Agricultural University, Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu, Estonia.

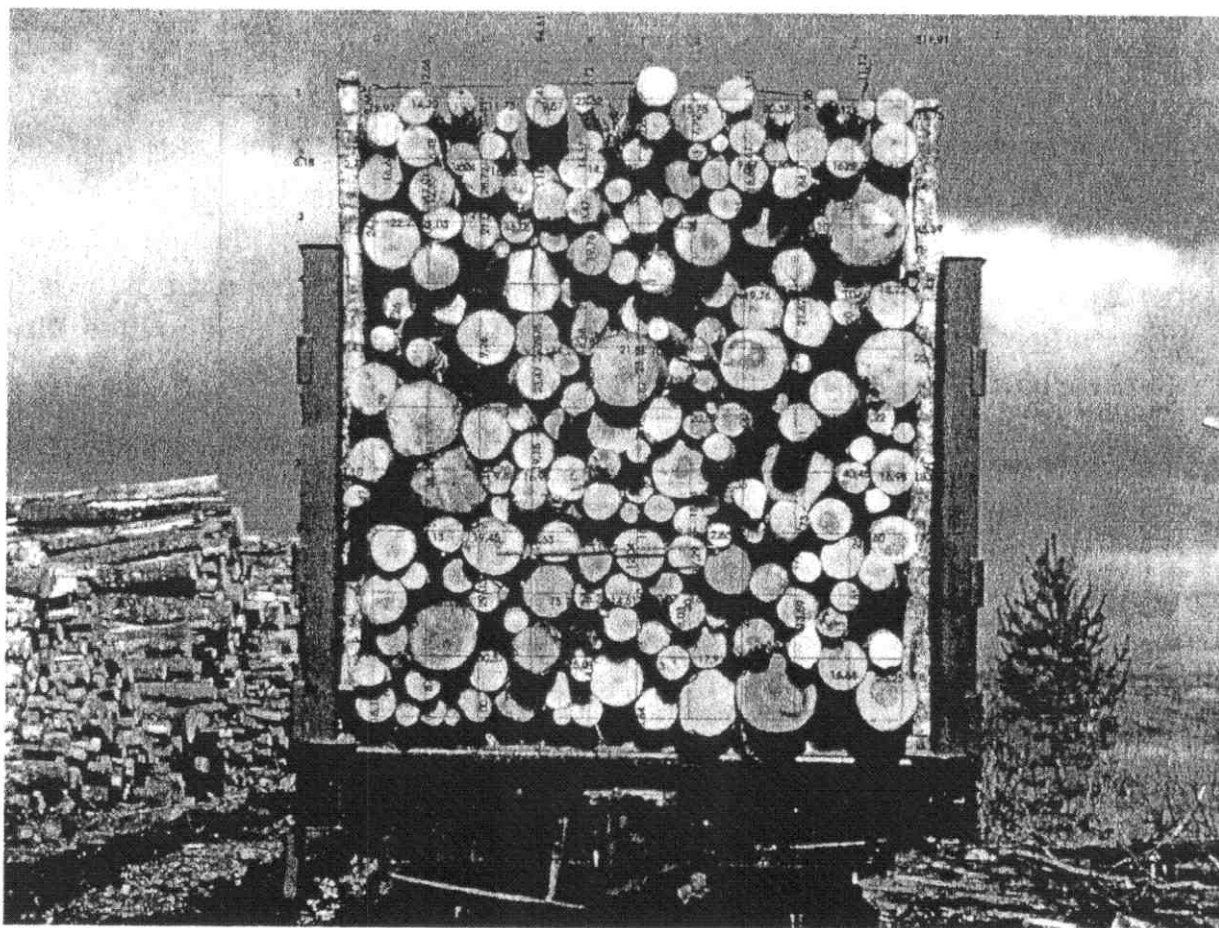
Sissejuhatus

Uurimistöö eesmärgiks oli analüüsida, millist täpsust võimaldab joonproovide kasutamine virnastatud puidu virnatäiuse koefitsiendi määramisel. Joonproove on virnatäiuse koefitsiendi määramiseks kasutatud pikka aega, kuid joonproovide meetodiga saadava täpsuse kohta pole üldlevinud kirjanduses andmeid. Joonproovide kasutamisel saadava virnatäiuse koefitsiendi täpsuse kohta puuduvad andmed ka raamatus "Metsatakseerimine" (Krigul, 1972), kuigi seal on kirjeldatud virnatäiuse koefitsiendi määramist joonproovide abil. Vajadus määrata virnatäiuse koefitsiendi mittesubjektiivsel meetodil on puidukaubanduses igapäevane, näiteks kontrollmõõtmistel.

Metoodika ja materjal

Joonproovide kasutamisel saavutatava mõõtmistäpsuse analüüsimiseks võeti 10 võimalikult erinevate omadustega puiduvirna (haavapalk, sookase paberipuit, männi paberipuit, segapuiduvirn jne). Puiduvirnad olid Reolas, AS Mets ja Puu ning AS Lignatori vahelaoplatsil virnastatuna maapinnal, vagunites või autol. Kõikidest virnadest tehti suure lahutusvõimega digitaalfotod (joonis 1). Digitaalkaamera Olympus C-3040zoom ränimaatriksi (CCD) punktide arv oli 3,3 megapiksliit (Olympus ..., 2000). Maapinnal olevatel suurtel virnadel võeti analüüsimiseks valitud virnaosad samasuguste küljepikkustega nagu on vagunis või autol olevatel virnadel (küljepikkused

1,5 kuni 3,5 meetrit). Kõikide puiduvirnade nottide pikkused olid keskmiselt 3,0 meetrit. Moonutuste vältimiseks fotodel on pildistamise kauguseks valitud suur vahemaa, üldjuhul 10 meetrit, fotod 6, 8 ja 9 on pildistatud siiski vaid kaugusest 4,5 meetrit, sest ees oli teine virn. Moonutused pole nendel piltidel antud ülesande täitmiseks siiski ilmselt liialt suured.



Joonis 1. Foto kase ümarpuidust (virn nr 1), virnatäius on 57%

Figure 1. Photo of birch roundwood (Stack 1); solid volume percent is 57%

Digitaalfotod on töödeldud pilditöötlusprogrammis CorelDraw 10. Virnafotodele on programmis käsitsi lisatud ruudustik 10×10 ruutu, seega 11 vertikaal- ja 11 horisontaaljoont. Ruudustiku iga joon oli üheks joonproovi võtmise kohaks. Koefitsiendi määramiseks on igal fotol kasutatud 10 järjestikust vertikaal- ja 10 järjestikust horisontaaljoont, seega iga foto kohta 20 joont. Igal fotol jäeti virnatäiuse koefitsient määramata ühel äärmisel horisontaal- ja ühel äärmisel vertikaaljoonel, vältimaks liialt virna servale jäävate joonte puhul ebatavaliselt suurte või väikeste virnatäiuse koefitsientide arvestamist.

Fotodel mõõdeti programmi vastavat moodulit kasutades etteantud suvalistes ühikutes horisontaal- ja vertikaaljoonte pikkused. Igal joonel mõõdeti jooneosade pikkused, mis jäid notiotste kooreta osale. Jagades notiotstele jäänud jooneosade pikkused joone kogupikkusega, on tulemuseks virnatäiuse koefitsient sellel joonel.

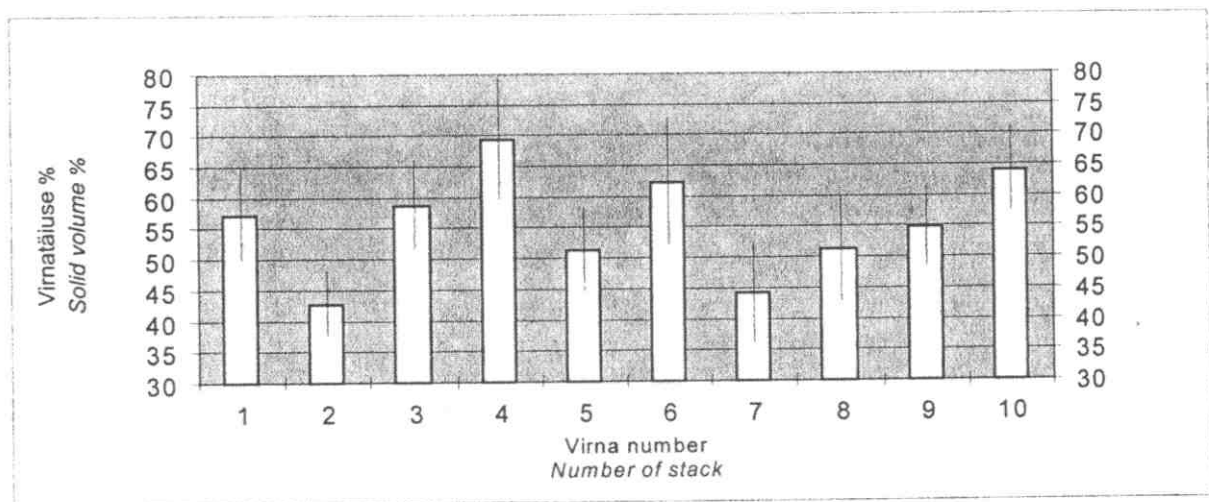
Kuigi vertikaal- ja horisontaaljoonte pikkused olid erinevad, polnud nendel määratud virnatäiuse koefitsientide keskväärtused oluliselt erinevad olulisuse tõenäosusel 0,05 kahepoolse hüpoteesi korral.

Ühe virna virnatäiuse koefitsientide määramiseks kulus aega keskmiselt üks tund.

Programmis CorelDraw 10 saadud mõõtmisandmed kopeeriti programmi MS Excel edasiseks andmeanalüüsiks.

Tulemused

Mõõtmisel saadud andmete (tabel 1) analüüsil leiti hajuvusstatistikud iga virna kohta eraldi (tabel 2, joonis 2) ja kõigi joonproovide kohta kokku (tabel 3). Kõigi joonproovide (200 tk) virnatäiuse koefitsientide põhjal leiti koefitsiendi määramiseks vajalike joonproovide arv erinevate soovitud täpsuste ja tõenäosuste korral (tabel 4).



Joonis 2. Virnatäiuse protsendi aritmeetiline keskmine ja selle standardhälbe piirid katsevirnadel

Figure 2. Arithmetical mean of solid volume percent and its standard deviation for the test stacks

Käesoleva uurimistöö tulemuste põhjal võib väita, et tõenäosusel 68% (näiteks 68 koorma puhul sajast) saab mõõtmistulemuse $\pm 10\%$ vea piirides tegelikust koorma virnatäiuse koefitsiendist siis, kui määrata selle puidukoguse koefitsiendi neljal vähemalt 2 m pikkusel joonproovil (tabel 4).

Joonproovide pikkused võib liita üheks jooneks, antud juhul seega 8 meetri pikkuseks jooneks. 8 meetri pikkust diagonaali peab puiduvirna virnatäiuse koefitsiendi määramisel vajalikuks ka T. Krigul (1972) oma raamatus "Metsatakseerimine" (lk 55).

Tabel 1. Virnatäiuse protsendid joonproovidel
 Table 1. Solid volume percents on line samples

Virna kirjeldus Description of stack	Virna nr Stack No	Horisontaaljooned Horizontal lines										Vertikaaljooned Vertical lines									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Virnatäiuse protsendid joonproovidel Solid volume percents on line samples																					
Kask vagunis Birch in railway carriage	1	45	52	69	45	63	49	66	54	50	67	53	57	54	65	67	56	61	55	65	53
Kask vagunis Birch in railway carriage	2	49	37	46	38	36	43	43	46	38	49	45	42	37	38	46	43	38	53	52	38
Kask autol Birch on truck	3	43	51	61	65	54	66	50	55	70	63	53	66	55	64	52	53	59	66	64	64
Haavapalgi virm Pile of aspen logs	4	63	67	55	74	66	74	74	70	86	78	86	48	68	62	68	59	68	72	85	67
Segapuidu virm Pile of mixed timber	5	48	52	41	49	44	53	47	45	51	56	48	42	62	46	61	51	55	66	46	60
Männi virm Pile of pine	6	67	67	64	58	66	55	70	50	65	82	40	47	68	63	64	69	59	52	81	61
Kase virm Pile of birch	7	47	34	51	41	40	64	46	48	46	35	46	32	44	48	54	43	31	55	41	38
Kase virm Pile of birch	8	44	42	57	38	46	58	54	61	53	64	58	42	51	48	60	47	66	51	54	33
Kase virm Pile of birch	9	52	51	55	53	55	46	49	58	58	56	53	72	43	57	64	51	57	48	55	62
Okaspuu virm Pile of coniferous	10	60	67	63	61	69	59	62	67	54	57	69	72	65	79	73	59	58	64	50	71

Tabel 2. Virnatäiuse protsendi statistikud joonproovidel
 Table 2. Statistics of solid volume percent for test stack line samples

Virna number Number of stack	Ar. keskmine virnatäiuse % Average solid volume %	Virnatäiuse protsendi standardhälve Standard deviation of solid volume %	Virnatäiuse protsendi standardviga Standard error of solid volume %	Virnatäiuse protsendi variatsioonikordaja Coefficient of variation of solid volume %	Katsetäpsus % Test accuracy %	Horisontaalse joonproovi pikkus (m) Length of horizontal sample line (m)	Vertikaalse joonproovi pikkus (m) Length of vertical sample line (m)
1	57,25	7,48	1,67	13,07	2,92	2,43	2,85
2	42,80	5,22	1,17	12,20	2,73	2,31	2,56
3	58,72	7,21	1,61	12,29	2,75	2,31	2,71
4	69,44	9,86	2,21	14,21	3,18	3,41	1,82
5	51,31	6,92	1,55	13,48	3,01	3,19	2,40
6	62,36	10,33	2,31	16,56	3,70	2,07	1,55
7	44,21	8,18	1,83	18,50	4,14	3,51	2,63
8	51,31	8,72	1,95	16,99	3,80	3,18	2,28
9	54,77	6,57	1,47	12,00	2,68	2,43	1,82
10	64,03	6,98	10,90	1,56	2,44	3,43	2,41

Selgitused tabeli nr 2 juurde

- Joonproovide arv ühe virna kohta kokku (N) on 20.
- Virna keskmise virnatäiuse koefitsiendi maksimum on 69,44%, miinimum 42,80%.
- Joonproovide maksimumpikkus on 3,51 ja miinimumpikkus 1,55 meetrit.
- Virnatäiuse protsendid on kõikidel virnadel määratud ilma kooreta, st koore alt.
- Kõikidel fotodel on nottide pikkuseks 3,0 meetrit.

Notes to Table 2

- *The number of line samples for one stack (N) is 20.*
- *The maximum percent of solid volume for line sample was 69,44% and the minimum was 42,80%.*
- *The maximum length of line sample was 3,51 meters and the minimum was 1,55 meters.*
- *All solid volume percents were determined with bark.*
- *The length of the logs in all the stacks was 3,0 meters.*

Vajalike proovide arvud kehtivad ühe puidu koguse kohta. Mida suurem puidukogus, seda väiksem on ühe tihumeetri kohta vajamineva mõõtmistöö hulk. Näiteks kui iga mõõdetav autokoorem paberipuitu koosneb neljast virnast, saab koefitsiendi määramistulemuse tõenäosusel 68% ±10% vea piirides siis, kui määrata autokoorma virnatäiuse koefitsient igal virnal ainult ühe joonproovi põhjal ning arvutada nende keskmine. Kui on vaja määrata virnatäiuse koefitsient koormas igale virnale eraldi, on samade vea parameetrite saamiseks vaja teha neli joont igale virnale.

Tabel 3. Virnatäiuse protsendi statistikud kümne katsevirna kõigi joonproovide põhjal kokku

Table 3. Statistics of solid volume percent calculated from all the line samples of the ten test stacks

Joonproovide arv (N) 10 virna kohta kokku Number of line samples for all the 10 test piles	Ar. keskmine virnatäiuse % Average solid volume %	Virnatäiuse protsendi standardhälve Standard deviation of solid volume %	Virnatäiuse protsendi standardviga Standard error of solid volume %	Virnatäiuse protsendi variatsiooni - kordaja Coefficient of variation of solid volume %	Katsetäpsus % Test accuracy %	Maksimaalne virnatäiuse % joonproovil Maximum solid volume % for line sample	Minimaalne virnatäiuse % joonproovil Minimum solid volume % for line sample
200	55,62	11,17	0,79	20,09	1,42	86,08	31,15

Tabel 4. Vajalike joonproovide arvud virnatäiuse koefitsiendi määramiseks

Table 4. The number of line samples needed for determining wood stack solid volume coefficients

Vajalike joonproovide arvud tõenäosusel 68% / The number of line samples needed at 68% probability

Soovitud katse- täpsus (± %) Expected test accuracy (± %)	Vastav vajalike joonproovide arv The number of line samples needed	Soovitud standard- viga (± ühikut) Expected standard error (± units)	Vastav vajalike joonproovide arv The number of line samples needed
20	1,0	20	0,3
19	1,1	19	0,3
18	1,2	18	0,4
17	1,4	17	0,4
16	1,6	16	0,5
15	1,8	15	0,6
14	2,1	14	0,6
13	2,4	13	0,7
12	2,8	12	0,9
11	3,3	11	1,0
10	4,0	10	1,2
9	5,0	9	1,5
8	6,3	8	2,0
7	8,2	7	2,5
6	11,2	6	3,5
5	16,1	5	5,0
4	25,2	4	7,8
3	44,8	3	13,9
2	100,9	2	31,2
1	403,6	1	124,9

Vajalike joonproovide arvud tõenäosusel 95% / The number of line samples needed at 95% probability

Soovitud katse- täpsus (± %) Expected test accuracy (± %)	Vastav vajalike joonproovide arv The number of line samples needed	Soovitud standard- viga (± ühikut) Expected standard error (± units)	Vastav vajalike joonproovide arv The number of line samples needed
20	3,9	20	1,2
19	4,3	19	1,3
18	4,8	18	1,5
17	5,4	17	1,7
16	6,1	16	1,9
15	6,9	15	2,1
14	7,9	14	2,4
13	9,2	13	2,8
12	10,8	12	3,3
11	12,8	11	4,0
10	15,5	10	4,8
9	19,1	9	5,9
8	24,2	8	7,5
7	31,6	7	9,8
6	43,1	6	13,3
5	62,0	5	19,2
4	96,9	4	30,0
3	172,3	3	53,3
2	387,6	2	119,9
1	1550,4	1	479,6

Määramisvea suurus $\pm 10\%$ tõenäosusel 68% nõuab nelja joonproovi tegemist. Selline koefitsiendi määramise täpsus on võrreldav metsakorraldusandmete puhul nõutava täpsusega. "Metsakorralduse juhendi" (RTL 1999, 69, 902) punkti 62 järgi on kasvava metsa tagavara määramise lubatud veaks 2/3 juhtudel 15%, ülejäänud juhtudel peab tagavara määramise viga jääma alla 20%.

95% juhtudest $\pm 20\%$ vea piirides virnatäiuse koefitsiendi määramistäpsuse saavutamiseks on käesolevas uurimistöös kogutud andmete põhjal vaja teha samuti neli joonproovi (tabel 4). Millise usaldusväärse ja täpsusega virnatäiuse koefitsiendi määramist kasutada, sõltub konkreetsest ülesandest, mõõtmise suhtes asjaosaliste poolt tehtud kokkuleppes jne.

Arutelu

Väiksema arvu joonproovide põhjal virnatäiuse koefitsiendi määramine sobib süstemaatilise vea kindlakstegemiseks kahe määramistulemuse vahel. Võrreldavateks määramistulemusteks on näiteks ostja ja müüja määratud virnatäiuse koefitsiendid. Kui määramistulemustes on süstemaatiline erinevus, tuleb vea tekkepõhjuse väljaselgitamiseks teha teatud puidukogustel täpsem mõõtmine. Täpsemaks mõõtmiseks võib kasutada näiteks suurema hulga joonproovide põhjal või notthaaval üle mõõtes koefitsiendi või mahu määramist.

Digitaalfotolt virnatäiuse koefitsiendi määramise eeliseks on fotolt joonepikkuste mõõtmise kiirus ja mugavus. Autokoormas või vagunis oleva puidu mõõtmine on tülikam kui selle pildistamine, sest mõõtja ei ulata maas seistes koorma ülemist osa mõõtma ning peab selleks kasutama redelit vms.

Mõõtmistehniliselt on eeliseks veel asjaolu, et fotografeerides pole vaja mõõdetavaid puidukoormaid pikemalt kinni pidada, mis oleks paratamatu käsi ülemõõtmisel. Iga seisak puidu transpordil tähendaks lisakulu. Fotot on võimalik säilitada hilisemaks analüüsiks ning foto on sisuliselt dokumendiks, mille põhjal saab ka hiljem määrata ja tõestada puidukoguse olemust (mahtu, kvaliteeti, nottide diameetreid jne). Digitaalfotolt diameetrite mõõtmine võib olla eriti vajalik palkide mahu määramiseks foto abil. Selleks on vaja virna pildistamisel kasutada pikkusetaloni, mis tuleb virnale kinnitada palkide otspindadele (joonis 1). Kui pikkusetalon on näiteks meetripikkune, on fotolt mõõdetud noti diameetri ja pikkusetaloni pikkuse jagatiseks noti läbimõõt meetrites.

Paremaks ja vähem töömahukaks lahenduseks virnade mõõtmisel võib saada digitaalfotode klassifitseerimistehnikate kasutamine (Lang, Jänes, 2003).

Soomes on pilditöötamise põhimõttel töötavaid automaatseid virnastatud puidu mõõtmisseadmeid loodud juba 90-date aastate alguses. Soomes kasutatava mõõtmisseadme AVM 2000 tööpõhimõtteks on notiotstelt tagasipeegel-

duva valguse mõõtmise spetsiaalse skanneriga ja notiotste kauguse mõõtmise skannerist laserkaugusmõõtja abil nottide pikkuse määramiseks (Marjomaa, 1991). Teine Soomes kasutatav pilditöötlusel põhinev mõõtmisseade AVM 1000 mõõdab puiduvirnu autokoormates. Puiduvirnade pealispindadelt tagasipeegelduva skaneeriva laserkiire loodud kujutise töötlusel saadakse virnade mahud (Sairanen, 1993).

Soome AVM-seadmed on kallid, spetsiaalselt puidu mõõtmiseks loodud seadmetekompleksid, mille kasutamine on tasuv vaid suurte tselluloositööstuste puiduvoogude mõõtmisel. Käesolevas uurimistöös kirjeldatav meetod digitaalfotode joonproovidelt virnatäiuse koefitsiendi määramiseks ei nõua eriseadmeid ega spetsiaaltarkvara ning on seetõttu odav. Odavus võimaldab joonproovide meetodi kasutamist ka väikefirmade poolt.

Järeldused

Joonproovide meetod virnatäiuse koefitsiendi määramiseks on oma lihtsuse tõttu kindlasti ka tulevikus jätkuvalt kasutatav. Digitaalfotodelt virnatäiuse koefitsiendi määramine eelkirjeldatud viisil võiks leida kasutamist ka praktikas.

Suhteliselt väike saavutatav täpsus väheste joonproovide puhul on kahtlemata meetodi negatiivne külg nagu ka virnatäiuse koefitsiendi määramisel tekkiv märgatav ajakulu.

Edasises uurimistöös võiks analüüsida, kas digitaalfotodelt oleks kasulikum mõõta joonproovide asemel kõikide koormas olevate nottide diameetrid nende otsese mahu kui ka virnatäiuse protsendi saamiseks (mõõtmise ajakulu ja täpsust silmas pidades).

Kokkuvõte

Töös on digitaalfotodelt mõõdetud joonproovide põhjal määratud virnatäiuse koefitsiente. Töö põhitulemuseks on saadud virnatäiuse koefitsiendi määramisel vajalike joonproovide arvude tabel erinevatel tõenäosustel ja erinevatel soovitud täpsustel.

Töö tulemused.

1. Loodud on vajalike joonproovide arvude tabel (tabel 4).
2. On katsetatud digitaalfotodelt virnatäiuse koefitsiendi määramist programmiga CorelDraw 10.
3. Töö tulemusel on saadud kontrollandmed ja kontrollfotod digitaalfotode poolautomaatse klassifitseerimistehnika kasutamise kontrollimiseks virnatäiuse koefitsiendi määramisel (Lang, Jänes, 2003).

Kasutatud kirjandus

- Metsakorralduse juhend. 1999. RTL 1999, 69, 902, keskkonnaministri määrus nr 25, 17. märts 1999.
- Krigul, T. 1972. Metsatakseerimine. Tallinn, Valgus, 358 lk.
- Olympos Optical Co., LTD. 2000. Digitaalkaamera C-3040zoom Digital Camera Basic Manual (lühendatud kasutamisjuhend). 148 lk.
- Lang M., Jänes J. 2003. Virnatäiuse koefitsiendi hindamine digitaalkaamera piltidelt klassifitseerimistehnika abil. EPMÜ Metsandusteaduskonna toimetised nr 36, lk.
- Marjomaa, J. 1991. Otantanippujen mittaukseen tarkoitettun AVM 2000 – mittalaitteen tarkkuus. Metsätehon katsaus 4/1991, 6 s.
- Sairanen, P. 1993. Kehuskuvajärjestelmä kuitupuun mittaukseen tehtaalla. Puutavaran mittausseminaari 20.–21. 04. 1993. Hotelli Prinssi, Pori. Käsikirjoitus. 13 s.

The Possibilities of Using Line Samples for Determining Wood Stack Solid Volume Coefficients

Jüri Jänes, Mait Lang

Summary

This research focused on the determination of the number of line samples needed for determining solid volume coefficients for different eventualities and accuracy levels. The line samples were measured from digital images.

The results of the research:

1. A table with the number of line samples needed was created (table 4).
2. The determination of solid volume coefficients was successfully tested on digital images in Corel Draw 10.
3. The research also resulted in control data for the digital images classification technique test for solid volume coefficient determination (Lang, Jänes, 2003).